BIOLOGISKA FÖRENINGENS FÖRHANDLINGAR.

VERHANDLUNGEN DES BIOLOGISCHEN VEREINS

IN

STOCKHOLM.

ZUR KENNTNISS DER GANGLIENZELLEN DES SYMPATHICUS

VON

GUSTAF RETZIUS.

STOCKHOLM 1890



Biologiska Föreningens Förhandlingar.
Verhandlungen des Biologischen Vereins in Stockholm.
Band II. November 1889. Nr 1—2.

2.

Zur Kenntniss der Ganglienzellen des Sympathicus

von

GUSTAF RETZIUS.

Mit Tafel I.

(Vorgetragen am 23. november 1889).

Während der letzten Jahre habe ich mich hin und wieder mit der von EHRLICH erfundenen Methylenfärbung lebender Gewebe beschäftigt und mehrmals Vorträge über die Befunde in den hiesigen wissenschaftlichen Gesellschaften gehalten. Die Ursache, weshalb ich bisjetzt nur einmal[1]) etwas darüber veröffentlicht habe, ist die, dass ich immer hoffte, dass EHRLICH selbst seine Resultate in eingehenderer Weise publiciren wollte. Ebenso glaubte ich, dass die Histologen in Kasan, welche mit besonderem Erfolge die Methode geprüft und entwickelt haben, grössere Arbeiten darüber veröffentlichen sollten. Da indessen dies bisjetzt nicht geschehen ist, und ich während meiner Reisen in Deutschland und Frankreich erfahren habe, dass die Methode noch sehr wenig bekannt ist, habe ich mich entschlossen, einzelne Bruchstücke meiner Untersuchungen zu veröffentlichen, indem dieselben einige Fragen berühren, welche für die Histologie von Wichtigkeit sind, und die Resultate einer neuen Methode jedenfalls gewinnen, wenn sie von mehreren Seiten her geprüft, resp. bestätigt werden.

Ich werde diesmal die Ergebnisse meiner Untersuchungen über die Methylenfärbung der Ganglienzellen des Sympathicus beschreiben. Es ist dies ein Gegenstand, welcher mich um so mehr intressirt hat, da ich vor Jahren, in der Mitte der siebziger Jahre, zusammen mit AXEL KEY mit den damaligen Methoden mich recht viel damit beschäftigte. Ich habe hauptsächlich die Ganglien des *Frosches* und *Kaninchens* ausgewählt, weil sie zu den fraglichen Experimenten am leichtesten verwendbar sind.

[1]) GUSTAF RETZIUS, Ueber Drüsennerven, Biologiska Föreningens Förhandlingar, Bd I, 1, Okt. 1888, Stockholm.

Was die Geschichte der Frage betrifft, so ist sie in ihren älteren Abschnitten schon mehrmals dargestellt worden, unter Anderem von Key und mir[1]). Schon in den Arbeiten der Entdecker des feineren Baues der sympathischen Ganglienzellen des Frosches, Lionel Beale und Julius Arnold, findet man eine Reihe von Angaben, welche für unseren Gegenstand noch von grossem Interesse sind. So ist von Beale[2]) schon eine *doppelte* Spiralfaser beschrieben und abgebildet worden, und auch Arnold[3]) hat zuweilen ein derartiges Verhalten gesehen. Ausserdem sah Arnold die Spiralfaser sich nach oben in ein den Ganglienzellenkörper umstrickendes Fasernetz fortsetzen, welches mit dem Kernkörperchen durch mehrere Ausläufer zusammenhing und dort endigte.

Dieses Arnoldsche Fasernetz wurde von Kollmann und Arnstein[4]) sowie von Courvoisier[5]) bestätigt; erstere sahen aber den breiten geraden Ausläufer, »den Axencylinder», knopfförmig im Kern endigen; letzterer sah die die Zellenkörper umstrickenden Netzfasern die Zellen unter einander als »Commissurenfasern» verbinden; solche umstrickende Commissurenfasern fand er nicht nur bei Amphibien sondern auch bei Säugern.

Diese die Zellenkörper umstrickenden Fasernetze wurden von den folgenden Forschern im Allgemeinen nicht bestätigt, sondern eher als Kunstproducte aufgefasst. So auch von Key und mir. Da man aber die nervöse Natur der Spiralfaser des Froschsympathicus von einigen Seiten her in Zweifel zog, war es von Wichtigkeit, dass Key und ich[6]) fanden, dass die Spiralfaser sich früher oder später mit einer Myelinscheide umgiebt. Hierdurch war der Uebergang der Spiralfaser in echte wirkliche myelinhaltige Nervenfasern und somit ihre nervöse Natur sicher dargelegt worden. Dies wurde von Schwalbe[7]) bestätigt, und zugleich wurde von ihm gezeigt, dass die gerade Faser sich verzweigt, in Uebereinstimmung mit den Protoplasmafortsätzen der centralen Nervenzellen. Andere Forscher verhielten sich aber gegen diese Befunde indifferent, und reproducirten, besonders in den Lehrbüchern, die älteren Darstellungen.

So stand die Frage, als im Jahre 1886 P. Ehrlich die Resultate seiner neuen Methylenfärbungsmethode veröffentlichte[8]). Hierdurch wurde auch Betreffs der Ganglienzellen des Sympathicus ein grosser Fortschritt geschaffen. Ehrlich zeigte, dass schon

[1]) Axel Key und Gustaf Retzius, Studien in der Anatomie des Nervensystems und des Bindegewebes, II, 1, Stockholm 1876.
[2]) L. Beale, Philosophical Transactions 1863.
[3]) J. Arnold, Virchows Archiv, Bd 32, 1865.
[4]) Kollmann und Arnstein, Zeitschr. f. Biologie, Bd II, 1866.
[5]) Courvoisier, Archiv f. mikroskop. Anatomie, Bd II, 1866.
[6]) A. Key und G. Retzius, Studien in der Anat. d. Nervensystems u. d. Bindegewebes, II, 1, 1876.
[7]) G. Schwalbe, Lehrbuch der Neurologie, 1881.
[8]) P. Ehrlich, Ueber die Methylenblaureaction der lebenden Nervensubstanz, Deutsche medic. Wochenschrift, N:o 4, 1886.

intra vitam sich an den Zellen des Froschsympathicus nicht nur die Spiralfaser — der gerade Fortsatz nicht — sich blau färbt, sondern dass sie durch Theilung in feinste Fibrillen ein Nervennetz bildet, welches bald nur einen Theil, bald die gesammte Oberfläche der Zelle mit seinen Maschen umflechtet. Von diesem Netz pflegen sich einzelne Reiserchen abzulösen, die, auf der Oberfläche der Zelle verlaufend, distincte, mit knopfförmigen Terminalanschwellungen versehene Endbüschel bilden. Ehrlich veröffentlichte in seiner Mittheilung keine Abbildungen und hat in dieser Frage nichts weiteres selbst publicirt.

Sein Schüler Hans Aronson [1]) beschrieb beim Kaninchen an den Ganglienzellen des Sympathicus ein umspinnendes Netz, welches sich durch Methylenblau während des Lebens färben liess und an benachbarten Zellen deutlich zusammenhängen schien; er gab davon einige Abbildungen.

In seiner ersten Mittheilung über »die Methylenfärbung als histologische Methode» hat Arnstein [2]) die sympathischen Ganglienzellen des Frosches eingehender besprochen. Er bestägtigte die Angabe Ehrlichs, dass in den meisten Fällen nur die Spiralfaser sich färbt, die Ganglienzellsubstanz und die gerade Faser ungefärbt bleiben. Es lassen sich die Spiralfasern innerhalb der Nervenstämmchen und Bündeln verfolgen, und zwar immer in derselben, den geraden Fasern entgegengesetzten Richtung — ob peripherisch oder central, war nicht zu entscheiden. Im Gaumen sah er die Spiralfaser peripherisch verlaufen und Theilungen eingehen; es giebt Spiralfasern, die sich theilen, ohne Myelin aufgenommen zu haben. Das von Ehrlich beschriebene »Oberflächennetz», in welches die Spiralfaser nach der Ganglienzelle hin sich verzweigt, läuft aber nicht in knopfförmige Terminalanschwellungen aus, sondern bildet ein geschlossenes Netz, dessen varicöse Fäden, unter einander anastomosirend, an der Zelloberfläche gewunden verlaufen; die Varicositäten sind mitunter sehr massig und imponiren bei unvollständiger Färbung als Endknöpfe; ob diese Fäden mit dem Kernkörperchen (Arnold) zusammenhängen und mit dem Oberflächennetz der benachbarten Zellen (Courvoisier) in Verbindung treten, konnte vorläufig nicht entschieden werden; so weit reichten die Färbungen nicht, doch waren ungefärbte Fäden in dem Kerne bis an das Kernkörperchen zu verfolgen, und andererseits manchmal ungefärbte Fäden von einer Zelle zur anderen verlaufend gesehen.

[1]) Hans Aronson, Beiträge zur Kenntniss der centralen und peripheren Nervenendigungen. Inaugural-Dissertation, Aug. 1886.

[2] C. Arnstein, Die Methylenfärbung als histologische Methode, Anatomischer Anzeiger, Jahrg. II, 1887, N:o 5.

* * *

Während der letzteren beiden Jahre habe ich hin und wieder bei Methylenfärbungsversuchen an Fröschen und Kaninchen u. a. auch die sympathischen Ganglien untersucht und oft schöne Bilder der Oberflächennetze der Zellen, sowie den Zusammenhang derselben mit der gebläuten Spiralfaser gesehen. Was ich fand, stimmte sehr mit der kurzen Beschreibung von Ehrlich, noch mehr aber mit derjenigen von Arnstein überein. Nachdem ich wiederholt sowohl in der Literatur wie auch im persönlichen Verkehr mit den kontinentalen Histologen erfuhr, dass die neuen Errungenschaften der Methylenfärbung auch betreffs der sympathischen Ganglienzellen nicht bekannt oder nicht acceptirt waren, ja dass man sogar die nervöse Natur der Spiralfaser der fraglichen Zellen beim Frosche noch in Zweifel zog, sie für »bindegewebig» u. d. betrachtete, nahm ich die Untersuchung derselben noch einmal auf und theile hier einen kurzen Bericht über die Ergebnisse mit. Ich beschränke mich diesmal auf eine Darstellung der sympathischen Zellen des *Frosches* (Rana temporaria).

Um noch einmal die *nervöse* Natur der Spiralfaser der sympathischen Ganglienzellen des Frosches zu prüfen, behandelte ich die fraglichen Ganglien mit ½ % Ueberosmiumsäure und zerzupfte vorsichtig in Wasser (Glycerin macht die Bilder gerne etwas verschwommen). Sogleich fand ich recht viele Zellen, an welchen in evidentester Weise zu beobachten war, dass *die Spiralfaser sich früher oder später mit einer Myelinscheide umgiebt* — ganz in der Art und Weise wie Key und ich vor dreizehn Jahren es beschrieben und abgebildet haben. Zuweilen reichte die Myelinscheide an den Windungen der Spiralfaser sehr hoch hinauf, bis in die Nähe des Zellkörpers; in anderen Fällen läuft die Spiralfaser eine Strecke weit vom Zellkörper ab, ehe sie sich mit Myelinscheide versieht. Einmal sah ich eine Unterbrechung der Myelinscheide in ungefähr ⅔ einer Windung der Faser, so dass dieselbe, nachdem sie in der Nähe des Zellkörpers die Scheide erhalten, diese nach dem Verlauf von zwei Touren wieder verlor, um sie dann dauernd zurückzunehmen und weiter als eine gewöhnliche Myelinnervenfaser zu verlaufen. Ob die Unterbrechung einem interannulären Segment der Schwannschen Scheide oder nur einer ausserordentlich lang ausgezogenen Ranvierschen Einschnürung entsprach, liess sich nicht entscheiden, weil die Kerne der Scheide nicht deutlich zu sehen waren.

Nun fand ich aber an einer schön isolirten grossen Zelle, dass die schon mit Myelinscheide versehene Spiralfaser, nach einigen Windungen um die gerade Faser, sich bei einer Einschnürung in zwei Arme theilte, von denen der eine etwas schmäler als der andere war und sich sogleich mit Myelinscheide wieder umgebend, nach verschiedenen Richtungen verliefen (Taf. I, Fig. 1). Es lag

eine vollständige Theilung der Art vor, wie sie Ranvier an den Spinalganglienzellen entdeckt und Key und ich ausführlich beschrieben haben, also eine T-förmige Theilung von Ranvier. Dieser Befund schien mir von principieller Bedeutung, weshalb ich die Untersuchung des Gegenstandes fortsetzte. Ich fand nun hin und wieder an den isolirten myelinhaltigen Nervenfasern der Ganglien solche Theilungen in »Tubes en T.» (s. z. B. Fig. 5). Einmal sah ich sogar von der Vereinigungsstelle der drei Arme noch ein vierter, myelinloser Arm abgehen, der aber leider kurz nachher abgebrochen war. Hin und wieder konnte ich ferner die vom Zellenkörper und geraden Fortsatz schon abgelaufene Spiralfaser bis zu einer T-Theilung verfolgen und sah dann die beiden Arme im Ganglion nach entgegengesetzter Richtung verlaufen. Es war indessen keineswegs möglich, diese Anordnung in jedem Falle darzulegen. Ich konnte z. B. zuweilen die Spiralfaser, mit Myelinscheide umgeben, durch vier Einschnürungen verfolgen, ohne eine Theilung zu erreichen. Dies schliesst aber nicht eine endliche Theilung aus; an den Spinalganglienzellen konnte ich ja bisweilen den abgehenden Ausläufer durch 8—10 Einschnürungen verfolgen, ehe die Theilung anzutreffen war[1]). Vorläufig lässt sich also auch bei den sympathischen Ganglienzellen des Frosches nicht sicher darthun, ob die Spiralfaser sich constant theilt oder nicht, eine Frage welche von principieller Wichtigkeit ist. Jedenfalls ist aber noch einmal sicher constatirt, dass die Spiralfaser *nervöser* Natur ist, dass sie früher oder später zu einer myelinhaltigen Nervenfaser wird und dass diese Faser sich wenigstens recht oft theilt nach der Art der Theilung in »Tubes en T», gerade wie der Ausläufer der Spinalganglienzellen.

Die hier geschilderten Verhältnisse sind am leichtesten an den grösseren sympathischen Zellen darzulegen, und sie sind in der That bei einiger Vorsicht in der Zerzupfung nicht schwer wiederzufinden, weshalb es mich verwundert, dass man es nicht allgemeiner bestätigen konnte. An den kleineren und kleinsten Zellen ist der Uebergang der Spiralfaser, welche bei diesen Zellen übrigens oft gar nicht spiralig verläuft, in eine myelinhaltige Nervenfaser viel schwieriger zu verfolgen. Bei den kleinsten Zellen ist es mir auch bis jetzt nicht gelungen, dies darzulegen.

Beim Versuche, an Osmiumpräparaten die Spiralfaser bis auf den Ganglienzellenkörper empor zu verfolgen, kam ich nicht weiter als Key und ich bei unserer vorigen Untersuchung. Ich sah die myelinlose schmale Faser sich spiralig windend innerhalb der mit Kernen versehenen Kapsel zur Zelle emporsteigen und sich dort verlieren. Einen Uebergang in ein Oberflächennetz,

[1]) Gustaf Retzius, Archiv f. Anat. und Physiologie, 1880.

ebenso wie ein solches Netz im Ganzen, war nie sicher zu sehen. Im Protoplasma der Zelle traten die zerstreuten gelblichen Pigment ähnlichen Körner hervor; netzartig-faserige Bildungen waren aber weder in oder an der Zelle deutlich wahrnehmbar.

Mit *Essigsäure* und *Goldchlorid* kam ich ebenfalls nicht weiter als das vorige Mal. Die Kapsel und ihre Kerne traten scharf hervor; ebenso die Windungen der Spiralfaser um die gerade Faser; das Oberflächennetz der Zelle blieb jedoch verhüllt.

Nun nahm ich wieder die *Methylenmethode* auf, die Farbenlösung (1 : 400 physiol. Kochsalzlösung) in die mediane Bauchvene (V. subcut. magna) allmälig einspritzend. Die kräftigen Sommer- und Herbstfrösche vertragen sehr gut bis 20 Ccm. oder mehr davon. Sehr bald tritt eine kompensirende Diffusion der Lösung in die Lympfräume hierein auf. Man tödtet die Thiere nach einer halben oder drei viertel Stunde und präparirt sogleich die sympathischen Halsganglien frei. Nach sehr vorsichtiger Zerzupfung unter der Loupe, die Feuchtigkeit des Präparates durch wiederholtes Anhauchen erhaltend, findet man, bei jeder gut gelungenen Injection und nachdem das Präparat einige Minuten mit der Luft in Berührung gekommen ist, eine schöne Blaufärbung der Ganglien. Jedoch nicht eine diffuse Färbung der Zellenkörper, sondern eine intensiv blaue netzförmige Zeichnung an der Oberfläche der Zellen und eine blaue Färbung der Spiralfaser und der anliegenden Nervenfasern. Wenn die Zellen im Ganglion dicht beisammenliegen, ist es ziemlich schwer die Verhältnisse genau zu eruiren. Hier und da beim Uebergang zu den abgehenden Nervenzweigen und an solchen Stellen, wo man mit den Nadeln kleine Partien isolirt hat, trifft man oft Ganglienzellen, welche ganz alleine oder in kleinen Gruppen liegen. An solchen Zellen lässt sich dann das schöne, von Ehrlich beschriebene »Oberflächennetz» in allen Einzelnheiten studiren. Nur *ein* Hinderniss giebt es, und das ist die Unhaltbarkeit der schönen Färbung. Entweder trocknet das Präparat beim offenen Liegen in der Luft ein, oder auch verschwindet die Färbung nach einigen Minuten, wenn man das Präparat mit Deckglas bedeckt. Um genau die Verhältnisse zu verfolgen und abzubilden, ist es nöthig die Fixationsmethoden von Smirnow, Arnstein und Dogiel anzuwenden: die *Jodlösung* oder das *pikrinsaure Ammoniak*. Ich habe zwar eine Reihe anderer Fixationsmethoden geprüft, bin aber immer wieder zu den von den russischen Forschern erfundenen zurückgekommen. Das pikrinsaure Ammoniak, mit starkem Glycerinzusatz, benutze ich seit 1 ½ Jahren mit Vortheil. Man muss aber die Berührung des Präparates mit dem Fixationsmittel nur sehr langsam und nur mit kleinster Menge sowie an der Luft vor sich gehen lassen. Sonst schwindet die Färbung ganz oder zu grossem Theile. Die Fixi-

rung ist in der That eine sehr schwierige Aufgabe, und nicht selten werden dabei die schönsten Präparate verdorben. Wenn sie aber gelingt, bekommt man in Folge der aufhellenden Wirkung des Glycerins oft wunderschöne, klare Bilder, an denen die nunmehr violett gewordenen Netze auf schwach gelblich gefärbtem Grunde hervortreten.

Wenn man nun solche Präparate durchmustert, und besonders die mehr isolirten Ganglienzellen auswählt, findet man, dass die Färbung bald mehr die Oberflächennetze, bald mehr die Spiralfaser betroffen hat. Zuweilen gelingt es jedoch beide zugleich gut gefärbt zu bekommen. Die Netze an den Zellenkörpern, welche immer innerhalb der Kapsel an der Zelloberfläche selbst liegen, wechseln in Gestalt und Ausbreitung ganz bedeutend. Bald zeigen sie eine breit maschenförmige Anordnung mit mehr oder weniger polygonalen Maschen (Fig. 2, 4), bald schnurren sie sich in dichten Spiraltouren um den Zellenkörper herum, grössere oder kleinere Partien der Zelloberfläche frei lassend. Die Fasern sind von etwas verschiedener Dicke, im Ganzen aber fein, oft so fein, dass man sie nur mit Mühe sieht. Sie tragen hier und da dunkler gefärte Knötchen, sind »varicös», wie Endnetze von peripheren Nervenfasern so oft sind. An den Knoten, wo die Fäserchen sich vereinigen, trifft man nun die von Ehrlich und Arnstein erwähnten Anschwellungen, welche Ersterer für Endknöpfe hielt. Mit Arnstein muss ich gestehen, dass bei guter, allgemeiner Färbung man fast keine eigentliche »Endknöpfe» sieht. Sie bilden im Gegentheil Knotenpunkte des Netzwerkes, sind von verschiedener Grösse und Gestalt (Fig. 2, 4) bald mehr rundlich, bald mehr oval, unregelmässig dreieckig oder gestreckt; sie sind abgeplattet, was man am Rande der Zelle deutlich sieht, indem sie nur schwach von der Zellenoberfläche sich erheben; sie sind im Allgemeinen scharf abgesetzt, zeigen in ihrer violett gefärbten Substanz einzelne noch dunkler gefärbten Körner. Bald liegen diese Nervenplatten dichter beisammen, bald von einander mehr entfernt und sind übrigens bald spärlicher, bald reichlicher vorhanden. Sie zeigen also eine recht grosse Wechselung, wie die mit ihnen vereinigten Netze selbst. Nun trifft man aber auch bei gut gelungener Färbung solche Platten, welche sich seitlich am Netze ansetzen, also nicht *in* den Knotenpunkten liegen, sondern von den Fasern seitwärts aus schiessen, ohne dass man von ihrem freien Ende Fäserchen ausgehen sieht (Fig. 2, nach oben hin). In einigen Fällen habe ich recht viele solche seitlich auslaufende Platten gesehen; sie sind aber gar nicht allgemein vorkommend und können jedenfalls nicht für die Norm, sondern mehr als eine kleine Variation angesehen werden. Obwohl sie mit den Ehrlichschen Endknöpfen

übereinstimmen, so muss ich mich jedoch mit Arnstein eher für ein *geschlossenes Endnetz* aussprechen, indem die freien Platten zu selten verkommen, um als wirkliche »Endknöpfe» mit in die Berechnung genommen werden zu können.

Jedenfalls sind nun aber diese nervösen Endnetze, welche ebenso wohl an den kleinen wie an grösseren Ganglienzellen wahrzunehmen sind, sowohl histologisch wie physiologisch von höchstem Interesse. Sie sind, wie sie da liegen, die Nervenzellen eng umspinnend, ganz sui generis, eine unerklärte Bildung, die noch zu wenig Verbindung mit anderen nervösen Einrichtungen aufzuweisen hat.

In merkwürdigster Weise entsprechen sie dem von Arnold vor 25 Jahren beschriebenen Netze, obwohl bei der Methylenfärbung, wie auch Arnstein hervorhebt, ein Eindringen der Netze in die Zellsubstanz und bis zum Kernkörper nicht wahrzunehmen ist. Oft bemühte ich mich diese Frage zu erledigen, glaubte hin und wieder sogar von der Oberfläche ein sehr feines varicöses Netz in das Protoplasma der Zelle eintreten zu sehen, wurde aber immer wieder darüber zweifelhaft und endigte damit, nicht daran zu glauben.

An der Abgangsstelle des geraden Fortsatzes der Zelle findet sich bekanntlich eine körnige Partie, welche von den Forschern in verschiedener Weise aufgefasst worden ist. Nach Methylenfärbung bekommt diese Partie eine starke blaue, resp. violette Farbe, und bei genauer Untersuchung erkennt man, dass diese Partie aus feinen körnigen Fasern besteht, welche um den geraden Ausläufer und den angrenzenden Theil der Zelle in dichten, oft unregelmässig verschlungenen Windungen verlaufen. Aus diesem gewundenen Netz läuft einerseits das Oberflächennetz an der Zellenoberfläche hinaus, indem die gewundene Faser sich mehrfach theilt und in das Oberflächennetz übergeht, andererseits setzt sich das die körnige Partie an der Basis der Zelle darstellende Fasernetz direct in die eigentliche s. g. Spiralfaser fort, indem seine Fäserchen allmälig zu einer etwas dickeren Faser zusammentreten, welche in mehr oder weniger dichten und zahlreichen Touren den geraden Fortsatz umwindend ihren Verlauf von der Zelle ab nimmt. Dieses Zusammentreten der Fasern geschieht, wie u. a. schon Beale dargestellt hat, in sehr wechselnder Weise, indem sie bald wie die Zweige eines Baumes sich vereinigen, bald in unregelmässigster Weise in einen dickeren Stamm oder in zwei solche übergehen, welche in letzterem Falle als *zwei* Spiralfasern weiter laufen, um sich erst später, oft weit von der Zelle ab, zu vereinigen. Oft laufen von der körnig-fibrillären Partie an der Zellenbasis ausserdem ein oder zwei oder noch mehrere feine varicöse Fäserchen ab, welche neben dem geraden Fortsatz und gewöhnlich innerhalb

der Touren der Spiralfaser ihren Weg von der Zelle fort nehmen (Fig. 3). Man kann oft solche feine gefärbte Fäserchen eine Strecke weit verfolgen; ihre Varicositäten sind scharf ausgesprochen und bilden sogar recht oft ovale oder rundliche Platten von demselben Aussehen wie die an der Zellenoberfläche. Es ist sehr schwer, die Bedeutung dieser »*Fibrilli aberrantes*« zu verstehen; sie enden nämlich, so weit ich sehen vermag, in einiger Entfernung von der Zelle, ohne weitere Verbindung mit der Spiralfaser, gewöhnlich der geraden Faser dicht anliegend.

Den Verlauf der Spiralfaser selbst kann man an Methylenpräparaten sehr oft in schönster Weise verfolgen. Es lässt sich dies noch viel sicherer thun wie an den Osmium- und Essigsäurepräparaten. In Folge der blauen oder violetten Farbe tritt sie in allen ihren Windungen und Zigzags deutlich hervor, und dies besonders bis zur Aufnahme der Myelinscheide, was, wie oben hevorgehoben wurde, entweder noch in der Nähe der Zelle, während des Umwindens geschieht, oder nachdem die Spiralfaser sich von dem geraden Ausläufer getrennt hat (Fig. 3). Nachdem die Myelinscheide aufgetreten hat, hört in der Regel die Färbung der Spiralfaser auf; man erkennt indessen die Grenzen der Scheide ganz gut und kann den Verlauf der nunmehr echt myelinhaltigen Nervenfaser im Präparate unter andern Fasern ohne Schwierigkeit oft auf langen Strecken verfolgen. Es treten dabei die Ranvierschen Einschnürungen als blau, resp. violett gefärbten Intercalationen hervor, indem die Einschnürungsstellen selbst und die nächsten Partien des Axencylinders sich intensiv gefärbt haben, oft in einer den bekannten braunen Silberkreuzen der Silberfärbung sehr ähnlichen Weise.

Hierbei trifft man nun oft eine *Theilung der myelinhaltigen Faser* in zwei Fasern, eine Theilung in »Tubes en T« (Fig. 3). Es stimmt dies vollständig mit den Osmiumpräparaten überein. Nur lassen sich an den Methylenpräparaten die Fasern sicherer unter anderen Fasern in den Bündeln des Ganglions verfolgen. Oft habe ich in der That die Spiralfaser in dieser Weise bis zur Theilungsstelle gespürt und dabei gesehen, dass die beiden Arme in divergenter Richtung weiter verliefen. Ob nun dies nach dem Centrum oder der Peripherie geschieht, war an den Präparaten nicht zu erledigen.

Ob *alle* Fasern sich theilen, ist auch in dieser Weise nicht möglich zu bestimmen. Die grosse Anzahl der Theilungsstellen, welche man in den Methylenpräparaten zur Ansicht bekommt, spricht wenigstens dafür, dass die Theilung der Faser sehr allgemein vorkommt; mehr will ich vorläufig nicht urgiren.

Was bedeutet nun diese sonderbare Einrichtung der Spiralfaser? Durch den sicheren Nachweis des Ursprungs derselben in

dem Oberflächennetz, dem wir der Ehrlichschen Methylenfärbung verdanken, ist die Faser uns noch mehr mystisch geworden. Ehrlichs Vergleich derselben mit der Endausbreitung der Muskelnervenfasern scheint indessen auf äusserlicher Ähnlichkeit zu viel gebaut zu sein.

Es schien mir von besonderem Belang zu sein, die *phylogenetische* Entwickelung der fraglichen Einrichtung zu eruiren. Vor Allem bemühte ich mich die sympathischen Ganglienzellen der Urodelen, der Salamandra und des Siredon, zu untersuchen, indessen bis jetzt ohne Erfolg. Hier hoffe ich jedoch gewissermassen eine Erklärung des Räthsels, in histologischer und, wenn möglich, auch in physiologischer Beziehung herauszufinden.

Nur so viel will ich hier sagen, dass, wenn man die Spiralfaser betrachtet, nachdem sie sich mit einer Myelinscheide umgeben hat, man sich kaum davon wehren kann, an *cerebrospinalen* Nervenfasern zu denken, welche, nachdem sie sich getheilt haben, den einen Arm an je eine sympathische Ganglienzelle schicken, um in dieser Weise eine Verbindung mit ihr einzugehen. Diese nunmehr so nahe liegende Hypothese ist indessen von so grosser und weittragender Bedeutung, dass ich auf sie hier nicht weiter eingehen will, ohne die entsprechenden Bauverhältnisse bei den Urodelen und Reptilien näher zu kennen.

An der beigefügten Tafel kann ich leider nur einige meiner Abbildungen mittheilen, hoffe aber ein anderes Mal noch eine Reihe veröffentlichen zu können.

Fig. 1.

Fig. 2

Fig. 3.

Fig. 5

Fig. 4.

